

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

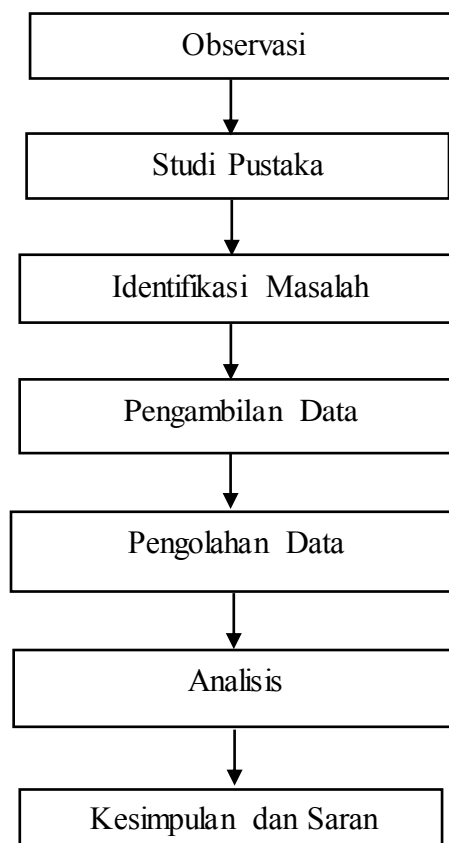
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April-Juni 2017 dan bertempat di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kelas I yang beralamat di Jalan Cemara No.66, Kota Bandung, Jawa Barat 40161

3.2. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskripsi analitik dari data variasi harian geomagnet. Data tersebut diperoleh dari hasil pengukuran tim BMKG Stasiun Geofisika Tunggungan di Observatorium Magnetik Tunggungan dengan bantuan alat Variometer *fluxgate tri axial* tipe LEMI-018. Data geomagnet yang dihasilkan terdiri dari data variasi harian medan magnet bumi komponen vertikal dan data variasi harian medan magnet bumi komponen horizontal. Pengukuran data variasi harian geomagnet dilakukan setiap 1 jam sekali, namun dalam penelitian ini data yang diolah hanya pada rentang waktu 2012-2015 saja. Dalam menentukan pengaruh gempa bumi terhadap fluktuasi sinyal geomagnet yang diperoleh dari data variasi harian geomagnet, maka dibutuhkan data gempa sebagai studi kasus. Data gempa yang digunakan yaitu data gempa diperoleh dari BMKG serta memiliki magnitudo gempa bumi ($M > 5,5$ Mw) dan berjarak < 550 km dari observatorium Tunggungan. Data variasi harian geomagnet yang diperoleh masih dipengaruhi oleh faktor global berupa aktivitas matahari dan lokal berupa aktivitas seismik sehingga untuk memisahkannya diperlukan data Indeks Dst yaitu data geomagnet yang dipengaruhi oleh faktor global saja. Data Indeks Dst diperoleh dari *Kyoto University*. Pengolahan sinyal geomagnet dilakukan dengan menggunakan data variasi harian geomagnet. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Prattes dkk. (2011), Sinyal geomagnetik diperoleh dengan cara mengitung variasi harian geomagnet dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan Transformasi Fourier (*Fast Fourier Transform*) dan

pemfilteran data sesuai dengan spektrum frekuensi yang diinginkan yaitu 0.05-0.02 Hz, 0.1-0.02 Hz dan 0,1-0,06 Hz. Hasil perhitungan spektral kerapatan daya pada kedua komponen geomagnet digunakan untuk menghitung polarisasi *power ratio* sinyal. Hasil dari polarisasi *power ratio* sinyal ini dianalisis untuk menentukan pola waktu mula anomali polarisasi sinyal terjadi terhadap magnitudo gempa bumi.

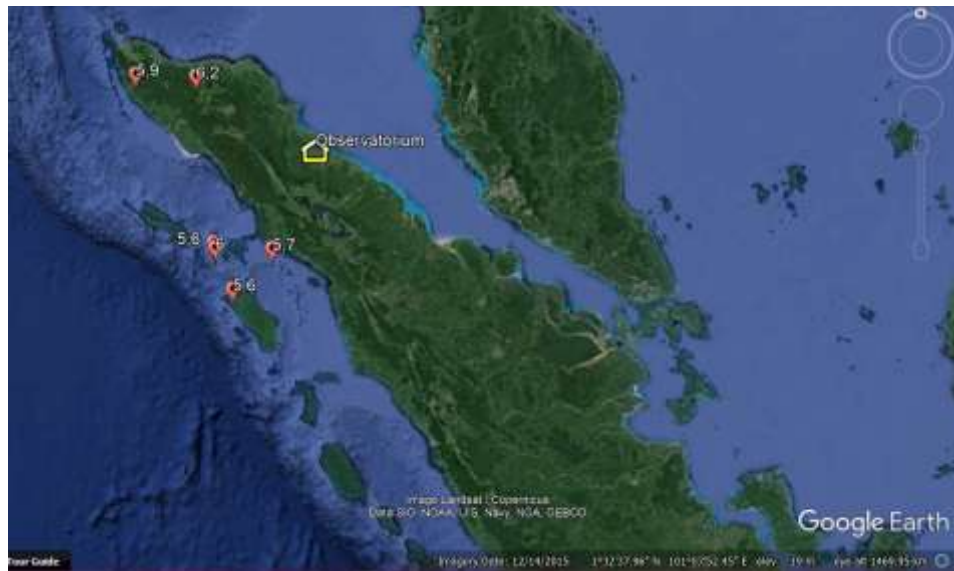
3.3. Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4. Lokasi Penelitian

1. Lokasi pengambilan data variasi harian geomagnet terletak di Observatorium Magnetik Tuntungan Sumatera Utara. Secara geografis lokasi tersebut terletak di $03^{\circ}30'01.4''\text{N}$ - $98^{\circ}33'51.6''\text{E}$
2. Secara geografis, lokasi peristiwa gempa yang dijadikan studi kasus dalam penelitian ini terdapat pada tabel 3.2

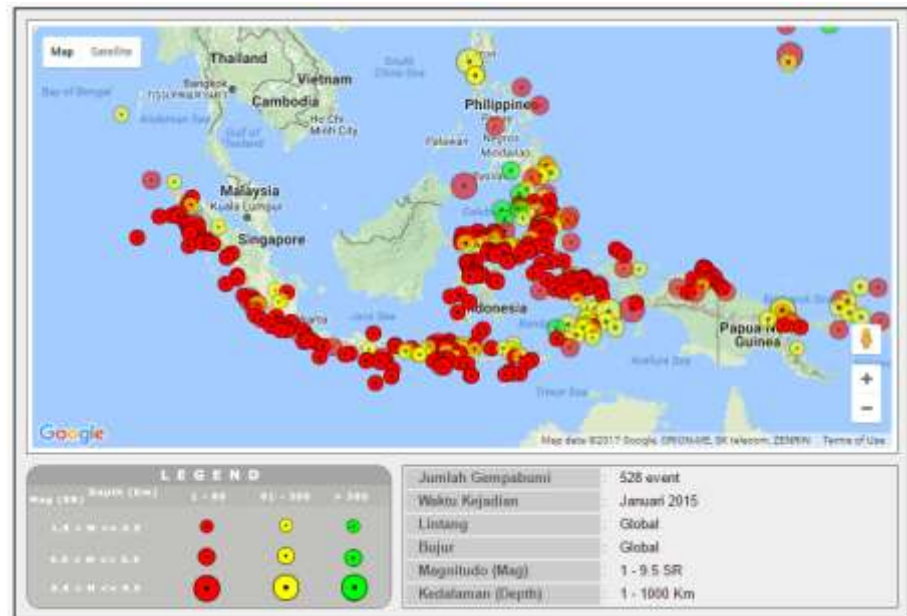


Gambar 3.2 Lokasi kejadian gempa dan observatorium

3.5. Teknik Pengambilan data

1. Data geomagnet yang digunakan dalam penelitian adalah data sekunder. Peneliti tidak melakukan pengambilan data secara langsung, data geomagnet diperoleh dari hasil pengambilan data oleh tim BMKG di Stasiun Geofisika Tuntungan
2. Data gempa diperoleh dari website BMKG dengan cara sebagai berikut:
 - a. Menentukan magnitudo minimum gempa bumi. Magnitudo minimum gempa yang dipilih yaitu 5.5 Mw.
 - b. Menentukan rentang waktu terjadinya gempa bumi. Rentang waktu yang dipilih yaitu 1 November 2012 – 31 Oktober 2015
 - c. Menentukan daerah terjadinya gempa. Daerah yang ditentukan merupakan daerah yang dekat dengan Observatorium Magnetik Tuntungan yaitu regional Aceh dan Sumatera Utara.

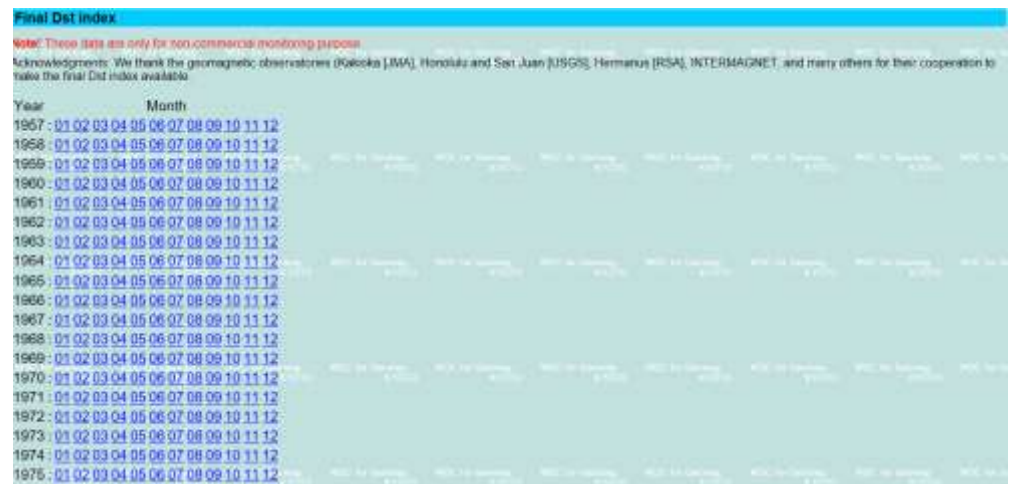
- d. Menentukan kedalaman gempa maksimum. Kedalaman gempa maksimum yang dipilih adalah 200 km.



Gambar 3.3 Tampilan utama katalog gempa website BMKG

(Sumber: <http://inatews.bmkg.go.id>)

3. Data *Disturbance Storm Time* diperoleh dari website *Kyoto Univesity* dengan cara memilih tahun dan bulan yang sesuai dengan data geomagnet variasi harian yang dipilih.



Gambar 3.4 Tampilan utama pencarian data Dst

(sumber: http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_final/index.html)

3.6. Data

1. Data geomagnet komponen Z dan H di Observatorium magnetik Tungtungan (Stasiun Geofisika Tungtungan BMKG) tahun 2012-2015 (Lampiran 1).
2. Untuk keperluan studi kasus, dipilih data gempa-gempa besar di sekitar observatorium yang diperoleh dari BMKG dijelaskan dalam tabel 3.1

Tabel 3.1

Tabel peristiwa gempa bumi yang digunakan dalam studi kasus

(Sumber: <http://inatews.bmkg.go.id>)

no	Tanggal	Tempat	latitude	longitude	Magnitudo (Mw)	kedalaman	jarak dari observatorium (km)
1	21/01/2013	Sumatera Utara	4,77	95,59	5,9	10	359,2
2	01/12/2013	Sinabang	2,01	96,9	5,6	15	248,53
3	02/07/2013	Aceh	4,7	96,61	6,2	10	254,79
4	01/05/2014	onanganjang	1,9	97,86	5,7	58	194,61
5	05/07/2014	Sinabang	1,93	96,93	6	22	252,16
6	27/01/2015	sinabang	1,26	97,21	5,6	25	291,35

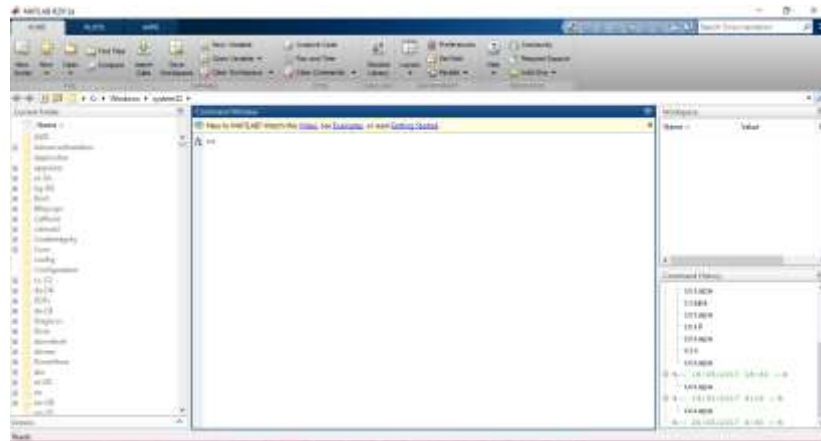
3. Data Indeks *Distrubance strom time* (Dst) (http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_final/index.html)

3.7. Instrumen pengolahan data

Instrumen yang digunakan dalam pengambilan data penelitian yaitu variometer *fluxgate tri axial* tipe LEMI-018. Instrumen yang digunakan dalam pengolahan data adalah:

1. Matlab R2013a

Data hasil pengukuran oleh variometer yang berada di observatorium masih berupa data variasi harian geomagnet dalam domain waktu. Sehingga diperlukan program FFT untuk mengubah data tersebut dalam domain frekuensi. Matlab R2013a digunakan untuk membuat program FFT.



Gambar 3.5 Tampilan *command window* Matlab R2013a

2. Ms. Excel 2016

Data variasi harian geomagnet yang jumlahnya yang sangat banyak. Dalam mempermudah perhitungan maka digunakan Ms.Excel untuk menghitung data yang banyak tersebut.

3.4. Tahap Pengolahan Data

. Tahapan pengolahan data variasi harian geomagnet ditampilkan dalam diagram alur pada Gambar 3.6

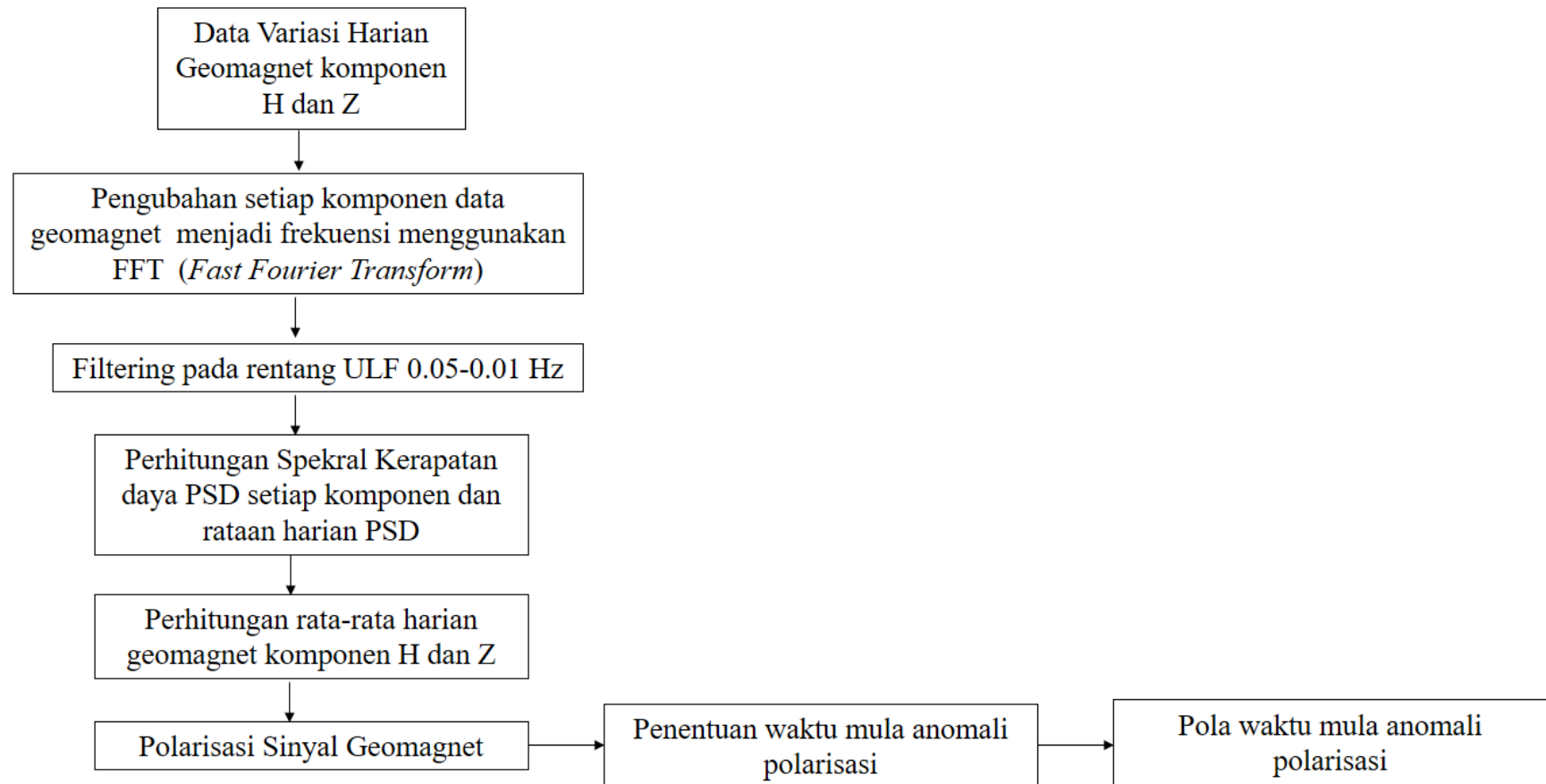
1. Transformasi Fourier (*Fast Fourier Transform*)

Transformasi fourier dilakukan menggunakan bantuan software Matlab R2013a dengan melakukan komputasi pada software tersebut. Komputasi yang dilakukan yaitu merubah data geomagnet komponen Z dan H menjadi bentuk bilangan kompleks. Kemudian bilangan kompleks tersebut digunakan untuk menghitung amplitudo menggunakan persamaan 3.1. Sedangkan untuk mengitung frekuensi dari setiap magnitudo tersebut menggunakan frekuensi Nyquist yang diperoleh dari frekuensi sampling Alat variometer 1 Hz

$$Magnitude = 2 \cdot \sqrt{(real(FFT(A)))^2 + (imag(FFT(A)))^2} / N \quad 3.2$$

dengan A= data variasi harian geomagnet komponen H dan Z

N= Jumlah data



Gambar 3.6. Tahapan Pengolahan Data

2. Filtering data

Filter data yang digunakan adalah *bandpass filter*. Filter ini di rancang untuk melewatkan frekuensi dalam rentang tertentu dan menolak frekuensi lain diluar frekuensi yang dikehendaki. Dalam penelitian ini frekuensi yang dikehendaki adalah 0,05-0,02 Hz. Rentang ini dipilih karena spektrum tersebut berkaitan dengan aktivitas sebelum gempa (Karakelian, dkk. 2000)

3. Perhitungan *Power Spectral Density* (PSD) dan rata-rata harian

Power Spectral Density (PSD) didefinisikan sebagai besarnya *power* per interval frekuensi. *Power Spectral Density* (PSD) dari setiap data geomagnet komponen H dan Z, dihitung dengan menggunakan persamaan 3.2

$$S_{HDay}(\omega) = \frac{|B_H(\omega)|}{2\pi \Delta f}$$

$$S_{ZDay}(\omega) = \frac{|B_Z(\omega)|}{2\pi \Delta f} \quad 3.2$$

dengan:

S_{ZDay} = Spektral Kerapatan Daya komponen Z

S_{HDay} = Spektral Kerapatan Daya komponen H

$B_Z(\omega)$ = Magnitudo komponen Z pada rentang frekuensi Δf

$B_H(\omega)$ = Magnitudo komponen H pada rentang frekuensi Δf

Δf = rentang frekuensi

Pada penelitian ini, rentang frekuensi yang digunakan adalah 0.05-0.02 Hz. Nilai rata-rata harian spektral kerapatan daya (PSD) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.3

$$S_{\Sigma HDay}(\omega) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum [S_{HDay}(\omega)]^2}$$

$$S_{\Sigma ZDay}(\omega) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum [S_{ZDay}(\omega)]^2} \quad 3.3$$

dengan :

$S_{\Sigma H \text{ Day}}(\omega)$ = rata-rata harian PSD komponen H

$S_{\Sigma Z \text{ Day}}(\omega)$ = rata-rata harian PSD komponen Z

N = jumlah data hasil filtering

4. Perhitungan Rata-rata data geomagnet komponen H dan Z

Penghitungan rata-rata harian geomagnet komponen H dan Z dilakukan dengan cara menghitung terlebih dahulu rata-rata bulanan spektral kerapatan daya komponen H dan Z menggunakan seluruh hasil dari persamaan 3.2 kemudian dirata-ratakan menggunakan persamaan 3.3 dengan jumlah N yang berbeda dengan rata-rata harian, juga menghitung standar deviasinya. Sehingga rata-rata harian geomagnet komponen H dan Z dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.4

$$\begin{aligned} H_{day} &= \frac{S_{\Sigma H \text{ Day}} - \mu_{\Sigma H \text{ Mounth}}}{\sigma_{\Sigma H \text{ Mounth}}} \\ Z_{day} &= \frac{S_{\Sigma Z \text{ Day}} - \mu_{\Sigma Z \text{ Mounth}}}{\sigma_{\Sigma Z \text{ Mounth}}} \end{aligned} \quad 3.4$$

dengan:

H_{day} = rata-rata harian geomagnet komponen H

Z_{day} = rata-rata harian geomagnet komponen Z

$\mu_{\Sigma H \text{ Mounth}}$ = rata-rata bulanan spektral kerapatan daya komponen H

$\mu_{\Sigma Z \text{ Mounth}}$ = rata-rata bulanan spektral kerapatan daya komponen Z

5. Polarisasi *Power Ratio* Sinyal Geomagnet

Polarisasi dihitung dengan cara membandingkan rata-rata harian geomagnet komponen Z dan rata-rata harian geomagnet komponen H yang direpresentasikan pada persamaan berikut:

$$P_{day} = \frac{Z_{day}}{H_{day}}$$

6. Penentuan Waktu Mula Anomali Polarisasi

Waktu anomali polarisasi ditentukan dengan mengamati terlebih dahulu sinyal polarisasi yang mengalami anomali. Sinyal geomagnet polarisasi yang mengalami anomali ditentukan ketika amplitudo sinyal sebelum kejadian gempa melewati batas $\mu + 2\sigma$ atau $\mu - 2\sigma$ dengan μ dan σ merupakan rata-rata polarisasi dan standar deviasinya (Prattes, dkk. 2011). Kemudian waktu mula anomali ditentukan dari rentang hari dari anomali terjadi sampai hari kejadian gempa bumi.

7. Pola Waktu Mula Anomali Polarisasi

Pola waktu mula anomali polarisasi ditentukan dengan cara mengkorelasikan waktu mula anomali dengan magnitudo gempa dan melihat pola kecenderungan dari korelasi tersebut.